

一种多工位非自动衡器耐久性试验装置的设计与实现

□都佳 赵易彬 王海燕 梁亮 李阳阳 张丰旭

青岛市计量技术研究院

【摘要】衡器的耐久性是衡量其质量与可靠性的关键指标。本文设计并实现了一种多工位非自动衡器耐久性试验装置。该装置采用模块化机械结构设计，集成伺服电机驱动、PLC（可编程逻辑控制器）统一控制和高精度传感器监测，能够模拟真实使用场景下的重复加载/卸载过程，并可同时对多个工位的被测衡器进行高频率、高一致性的循环耐久测试。试验表明，该装置运行稳定可靠，大幅提升了测试效率和自动化水平，为衡器产品的质量评估与可靠性研究提供了重要的硬件平台和数据支持。

【关键词】衡器；耐久性试验；多工位；PLC

文献标识码：A 文章编号：1003-1870（2026）01-0021-03

Design and Implementation of a Multi-Station Non-Automatic Weighing Instrument Durability Testing Device

【Abstract】 The durability of a weighing instrument is a key indicator for measuring its quality and reliability. This paper designs and implements a multi-station non-automatic weighing instrument durability testing device. The device adopts a modular mechanical structure design, integrating servo motor drive, PLC (programmable logic controller) unified control and high-precision sensor monitoring. It can simulate the repeated loading/unloading process in real usage scenarios and can simultaneously perform high-frequency, high-consistency cyclic durability tests on weighing instruments at multiple stations. Tests show that the device operates stably and reliably, significantly improving testing efficiency and automation level, and providing an important hardware platform and data support for quality evaluation and reliability research of weighing instruments.

【Keywords】 weighing instruments, durability testing, multi-station, PLC

引言

非自动衡器作为一种重要的计量器具，广泛应用于工业、商业和日常生活中。其耐久性，即在长期重复载荷下保持其计量性能稳定的能力，直接关系到贸易结算的公平性和使用的可靠性。国内外计量法规均对衡器的耐久性有明确要求。

目前，许多衡器生产企业和质检机构仍采用的测试方法存在显著缺陷：缺乏数据记录，难以对测试过程（如每次加载的力值）进行连续、精确的监测和

记录。

为解决上述问题，本文研制了一种自动化、多工位的非自动衡器耐久性试验装置，旨在实现非自动衡器耐久性测试的标准化、高效化和数据化。

1 装置总体设计

1.1 设计目标与要求

本装置的设计需满足以下目标：

多工位并行测试：至少支持4个工位同时进行独立测试，显著提高效率。

高频率加载：测试频率可调。

载荷与位置可调：加载力值和冲击点位置可根据测试标准和要求灵活调整。

高一致性：保证每个工位、每次加载的力度和轨迹高度一致，确保测试的公平性。

自动化与智能化：具备自动运行、循环计数、故障报警和数据记录功能。

1.2 系统整体架构

该装置采用“上位机—PLC—执行机构”三级控制架构，由机械系统、控制系统和数据管理系统三大部分组成，如图1所示。

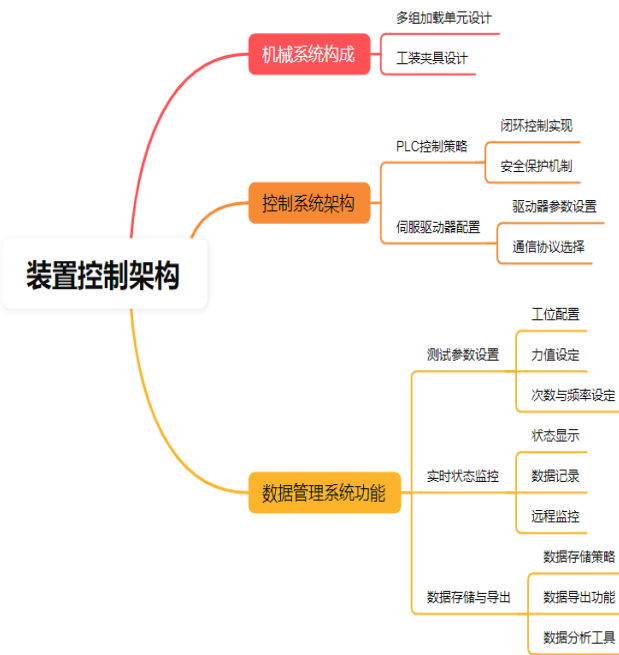


图1 装置控制结构图

机械系统：包括机架、多组加载单元（含伺服电机、滚珠丝杠、力传感器、加载压头）、工装夹具等。

控制系统：以PLC为核心控制器，负责接收上位机指令，控制伺服驱动器精确驱动各加载单元运动，并采集力传感器信号。

数据管理系统：上位机（工业PC）运行定制开发的测控软件，用于设置测试参数（工位、力值、次数、频率）、启停控制、实时状态监控、数据存储与导出。

系统工作流程：上位机软件设置参数并下发开始

指令→PLC按预设程序控制各伺服电机运动→带动加载压头按设定轨迹和力度对被测衡器进行加载/卸载→力传感器实时反馈信号至PLC进行闭环控制→PLC记录循环次数并在达到设定值时停止→测试数据上传至上位机存储分析。

2 机械与控制系统详细设计

2.1 机械结构设计

机械系统是本装置的执行基础，核心是加载单元(图2)的设计。

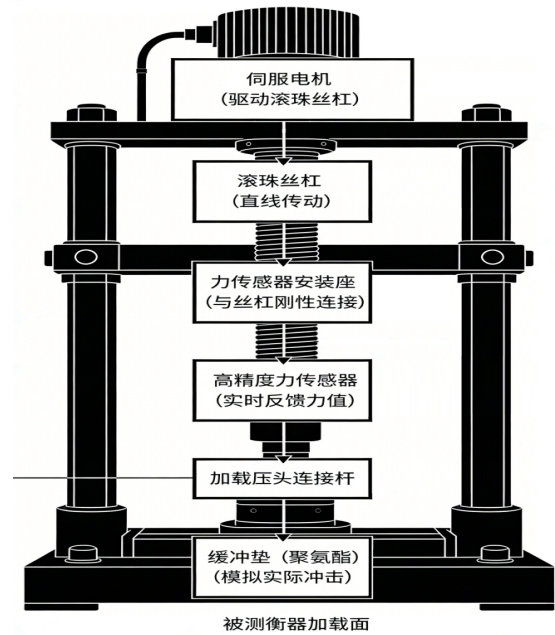


图2 加载单元

机架：采用高强度铝型材或钢材搭建，整体设计坚固稳定，能有效抑制测试过程中的振动，为测试提供基准。

加载单元：每个工位配备一个独立加载单元，是核心模块。其驱动采用“伺服电机+滚珠丝杠”的精密传动方案，将电机的旋转运动转换为加载压头的直线运动，实现精确的位置和速度控制。

力传感与缓冲：在加载压头末端安装高精度力传感器，用于实时监测加载力值，并将信号反馈给PLC，形成闭环控制，确保每次加载的力值精确且恒定。压头头部设计有缓冲材料（如聚氨酯），以模拟实际操作并减少硬冲击。

2.2 控制系统设计

控制系统是装置的大脑，是实现自动化与智能

化的关键。

PLC 选型与编程：选用一款支持多轴运动控制的中型PLC（如西门子S7-1200/1500系列或三菱Q系列）。PLC程序采用模块化编程，每个工位作为一个独立任务进行控制，互不干扰。主要实现功能：伺服电机点位控制、传感器信号采集与PID闭环控制、循环计数、互锁与安全报警（如过载、运动超限）。

伺服驱动系统：为每个加载单元配置一套伺服驱动器和伺服电机。伺服系统响应快、控制精度高，能保证压头快速、平稳、准确地完成加载和返回动作。

人机交互（HMI）：配备触摸屏或通过上位机软件作为人机界面，可实时显示各工位当前状态（运行、停止、报警）、当前数值、已完成循环次数等，并提供直观的操作按钮。

3 应用测试与性能分析

为验证装置性能，对4台同一型号的Max=30kg电子台秤进行了耐久性测试。

测试参数：

加载力值：15kg

加载频率：15次/分钟

目标循环次数：100000次

加载方式：模拟半冲击加载（快速加载后短暂保压再快速卸载）。

测试过程：装置自动运行，其间无需人工干预，操作员仅需每日巡检。

合格判断：由于磨损引起的耐久性误差应不大于各称量点最大允许误差的绝对值。

测试结果：

（1）稳定性：装置连续无故障运行超过10万次，机械结构稳定，控制系统可靠。

（2）数据有效性：测试结束后，对4台电子秤进行计量性能检定，其中一台误差超差，成功筛选出耐久性不合格产品。

4 结论与展望

该耐久性试验装置与现有装置相比具有以下优点：

（1）该多工位衡器疲劳试验机，通过限位座、限位机构、限位卡槽伸缩安装杆、连接杆、滑动杆、支撑杆和推动杆的配合设置，在使用的过程中

能够根据衡器产品的实际宽度来调节升降支撑座之间的间距，并且保证配重块始终保持落下后位于衡器产品的称量中心位置，便于对不同尺寸的衡器产品进行同时校验。

（2）该多工位衡器疲劳试验机，通过升降安装板、调节槽和升降调节机构的配合设置，在使用的过程中能够根据不同规格衡器产品的实际高度来对升降支撑座的高度进行调节，从而便于对不同高度规格的衡器产品进行测量，扩大了适用范围。

未来工作可从以下几个方面展开：

测试场景扩展：增加环境模拟模块（如高低温试验箱），实现在不同温湿度条件下的耐久性测试。

智能化诊断：基于大数据分析，对测试过程中采集的数据进行分析，实现对衡器潜在故障的预测和智能化诊断。

标准化推动：期望该装置的应用能为相关国家或行业耐久性测试标准的细化与完善提供实践依据。

参考文献

[1] International Organization of Legal Metrology (OIML). OIML R 76-1: Non-automatic weighing instruments, Part 1: Metrological and technical requirements - Tests[S]. 2006.

[2] 张强, 李工. 基于PLC与伺服控制的疲劳试验机系统设计[J]. 制造业自动化, 2021, 43(05): 145-148.

[3] 王磊, 刘伟. 一种多工位自动化测试台的设计与实现[J]. 机械设计与制造工程, 2020, 49(08): 81-84.

[4] 陈明, 赵伟. 高精度力传感器在工业自动化中的应用与校准[J]. 自动化仪表, 2019, 40(11): 95-98.

作者简介

都佳（1977—），青岛市计量技术研究院高级工程师。研究方向：质量管理、衡器。